



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

---

# **ОПТИКА ТА ОПТИЧНІ ПРИЛАДИ**

**Методики випробування геодезичних  
та знімальних приладів у польових умовах**

**Частина 2. Нівеліри  
(ISO 17123-2:2001, IDT)**

**ДСТУ ISO 17123-2**

Проект, перша редакція



## ЗМІСТ

	с.
Національний вступ .....	IV
1 Сфера застосування .....	1
2 Нормативні посилання .....	1
3 Терміни та визначення понять .....	2
4 Загальні положення .....	2
5 Спрощена методика випробування .....	3
6 Детальна методика випробування .....	5
Додаток А Приклад спрощеної методики випробування .....	9
Додаток В Приклад детальної методики випробування .....	10

## НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожний переклад ISO 17123-2:2001 Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 2: Levels (Оптика та оптичні прилади. Методики випробування геодезичних та знімальних приладів у польових умовах. Частина 2. Нівеліри).

Технічний комітет, відповідальний за цей стандарт, — ТК 63 «Загальні норми і правила державної системи забезпечення єдності вимірювань».

Стандарт містить вимоги, які відповідають чинному законодавству України.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

— слова «ця частина ISO 17123» замінено на «цей стандарт»;

— структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Передмову», «Зміст», «Національний вступ», першу сторінку та «Бібліографічні дані» — оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;

— з «Передмови» до ISO 17123-2:2001 у цей «Національний вступ» узято те, що безпосередньо стосується цього стандарту;

— у розділі «Нормативні посилання» наведено «Національне пояснення», виділене в тексті рамкою.

Додатки А і В — довідкові.

Стандарт ISO 17123 «Оптика та оптичні прилади. Методики випробування геодезичних та знімальних приладів у польових умовах» складається з таких частин:

- Частина 1. Теорія;
- Частина 2. Нівеліри;
- Частина 3. Теодоліти;
- Частина 4. Електрооптичні далекоміри (EDM-прилади);
- Частина 5. Електронні тахеометри;
- Частина 6. Оберткові лазери;
- Частина 7. Оптичні прилади вертикальної конструкції.

Копії нормативних документів, на які є посилання в цьому стандарті, можна отримати в Головному фонді нормативних документів.

## **1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**

Цей стандарт установлює вимоги до методики визначення й оцінювання точності нівелірів (нівелірів з рівнем, компенсаторних нівелірів, цифрових нівелірів) і їхнього допоміжного устаткування під час будівельних і геодезичних вимірювань у польових умовах. Насамперед ці випробування призначено, щоб перевіряти в польових умовах придатність відповідного приладу для виконання конкретного завдання та для задоволення вимог інших стандартів. Їх не пропонують як випробування для приймання або оцінювання загальних робочих характеристик.

Цей стандарт є основою для оцінювання невизначеності вимірювання (спеціальної вимірюваної величини). Невизначеність результату вимірювання залежить від низки чинників. Вони охоплюють, зокрема, збіжність, відтворюваність (збіжність протягом дня) і повну оцінку всіх можливих джерел похибок, як запропоновано Настановою ISO з вираження невизначеності вимірювання (GUM).

Ці методики випробування в польових умовах було розроблено спеціально для застосування на місці проведення вимірювання без спеціального допоміжного устаткування та призначено для мінімізації атмосферних впливів.

## **2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ**

У наведених нижче нормативних документах зазначено положення, які через посилання в цьому тексті становлять положення цього стандарту. У разі датованих посилань пізніші зміни до будь-якого з цих видань або перегляд їх не застосовують. Однак учасникам угод, базованих на цьому стандарті, рекомендовано застосовувати найновіші видання нормативних документів, поданих нижче. У разі недатованих посилань треба користуватись останнім виданням наведених документів. Члени IEC та ISO впорядковують каталоги чинних міжнародних стандартів.

ISO 3534-1 Statistics — Vocabulary and symbols — Part 1: Probability and general statistical terms

ISO 4463-1 Measurement methods for building — Setting-out and measurement — Part 1: Planning and organization, measuring procedures, acceptance criteria

ISO 7077 Measuring methods for building — General principles and procedures for the verification of dimensional compliance

ISO 7078 Building construction — Procedures for setting out, measurement and surveying — Vocabulary and guidance notes  
ISO 9849 Optics and optical instruments — Geodetic and surveying instruments — Vocabulary  
ISO 17123-1 Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 1: Theory  
GUM Guide to the expression of uncertainty in measurement  
VIM International vocabulary of basic and general terms in metrology.

**НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ:**

ISO 3534-1 Статистика. Словник термінів та позначки. Частина 1. Терміни теорії ймовірностей і загальні статистичні терміни  
ISO 4463-1 Методи вимірювання в будівництві. Розмітка та вимірювання. Частина 1. Планування та організація, методики вимірювання, приймальні критерії  
ISO 7077 Методи вимірювання в будівництві. Загальні принципи та методики перевіряння відповідності розмірів  
ISO 7078 Конструкції будівельні. Методики розмітки, вимірювання та знімання. Словник термінів і настанови  
ISO 9849 Оптика та оптичні прилади. Геодезичні та знімальні прилади. Словник термінів  
ISO 17123-1 Оптика та оптичні прилади. Методики випробування геодезичних та знімальних приладів у польових умовах. Частина 1. Теорія  
GUM Настанова з вираження невизначеності вимірювання  
VIM Міжнародний словник основних і загальних термінів у метрології.

### **3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ**

У цьому стандарті застосовують терміни та визначення понять, наведені в ISO 3534-1, ISO 4463-1, ISO 7077, ISO 7078, ISO 9849, ISO 17123-1, GUM та VIM.

### **4 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

#### **4.1 Вимоги**

Важливо, щоб перед початком знімання оператор установив, що точність застосованого під час вимірювання обладнання відповідає поставленому завданню вимірювання.

Нівелір і його допоміжне устаткування має бути встановлено та від'юстовано за методиками, зазначеними в настанові виробника, і їх потрібно використовувати зі штативами та нівелірними рейками, як рекомендував виробник.

На результати цих випробувань впливають метеорологічні умови, особливо градієнт температури. Найсприятливішими умовами є хмарність і низька швидкість вітру. Особливі умови, які потрібно враховувати, можуть змінюватися залежно від поставленого завдання. Також варто враховувати фактичні погодні умови під час вимірювання і тип поверхні, над якою проводять вимірювання. Умови, вибрані для випробування, мають відповідати таким, за яких можливе фактичне виконання поставленого завдання вимірювання (див. ISO 7077 і ISO 7078).

Результати випробувань, виконаних у лабораторії, майже не зазнають атмосферних впливів, однак витрати на проведення таких випробувань дуже високі, і тому вони недоступні для більшості користувачів. Крім того, результати лабораторних випробувань набагато точніші, ніж одержані під час випробувань у польових умовах.

Цей стандарт описує дві різні методики випробування в польових умовах, які наведено в розділах 5 і 6. Оператор повинен вибрати методику, найбільш придатну для виконання особливих вимог проекту.

#### **4.2 Методика 1. Спрощена методика випробування**

За допомогою спрощеної методики випробування оцінюють, чи перебуває точність конкретного устаткування для нівелювання в межах дозволених відхилів, установлених згідно з ISO 4463-1.

Цю методику випробування зазвичай застосовують для перевіряння точності оптичного нівеліра, який використовують для нівелювання площі, для звичайних практичних завдань вимірювання неоднакових по довжині ділянок, наприклад будівельних майданчиків.

Спрощена методика випробування ґрунтується на обмеженій кількості вимірювань. Тому точне значення середньоквадратичного відхилення не може бути отримано. Якщо потрібно точніше оцінити

нівелір у польових умовах, то рекомендовано застосовувати детальну методику випробування, наведену в розділі 6.

Методика полягає у визначенні різниць висот між двома точками, розміщеними на відстані приблизно 60 м, що приймають за істинне значення. Розходження між різницею висоти, що виміряна за неорієнтованих довжин візування, та значенням, прийнятим як істинне, між цими самими двома точками, що виміряні за однаковими довжинами візування, показує, чи задовольняє нівелір установленим межах дозволених відхилів (згідно з ISO 4463-1) для поставленого завдання вимірювання.

#### 4.3 Методика 2. Детальна методика випробування

Детальну методику випробування застосовують для визначення найбільш можливої точності певного нівеліра і його допоміжного устаткування в польових умовах, і для неї потрібні однакові довжини візування (максимальна розбіжність значень 10 %). Її зазвичай використовують для визначення можливості застосування нівелірів для точнішого нівелювання, лінійних застосовань та інших основних зніманих, наприклад у громадському будівництві.

Рекомендовані довжини візування — 30 м. На довжинах візування понад 30 м можна визначити точність, якщо це є технічною вимогою проекту або для визначення діапазону точності нівеліра на відповідних відстанях.

Детальну методику випробування виконують лише для однакових довжин візування. За цією методикою не може бути виявлено зсуву колімаційної осі. Але в разі однакових довжин візування ця колімаційна похибка не впливає ні на експериментальний середньоквадратичний відхил, ні на різницю початкових зсувів нівелірних рейок. Для визначення колімаційної похибки перед початком нівелювання прилад треба перевірити відповідно до настанови виробника.

За допомогою методики випробування, наведеної в розділі 6, визначають границі похибки вимірювання в разі використання конкретного нівеліра. Цю границю похибки виражають за допомогою експериментального середньоквадратичного відхилення на 1 км подвійного ходу нівелювання:  $s_{ISO-LEV}$ .

Додатково цю методику можна застосовувати для визначення:

- границі похибки в разі використання нівелірів для окремої знімальної групи з одним приладом і його допоміжним устаткуванням на даний момент;
- границі похибки в разі використання одного приладу через певний час;
- границі похибки в разі використання кількох нівелірів для порівняння їхньої точності, якої може бути досягнуто в подібних польових умовах.

За допомогою статистичних випробувань визначають, чи входить отриманий експериментальний середньоквадратичний відхил  $s$  до сукупності інструментального теоретичного середньоквадратичного відхилення  $\sigma$ , чи належать дві випробувальні вибірки тій самій сукупності та чи дорівнює нулю різниця  $\delta$  нульових точок нівелірних рейок (див. 6.4).

## 5 СПРОЩЕНА МЕТОДИКА ВИПРОБУВАННЯ

### 5.1 Конфігурація випробувальної лінії

Щоб звести до мінімуму вплив рефракції, треба вибрати горизонтальну площу випробування. Дві точки нівелювання, А і В, установлюють приблизно на відстані  $\Delta = 60$  м (або враховуючи відстань, зазначену в проекті). Для забезпечення вірогідних результатів нівелірні рейки встановлюють у стійке положення, надійно фіксуючи під час випробувань, зокрема під час повторних випробувань.

### 5.2 Вимірювання

Перед початком вимірювання дають змогу приладу акліматизуватися до температурних умов. Необхідний час становить дві хвилини на градус Цельсія температурної різниці. Додатково перед випробуванням користувач повинен перевірити колімаційну похибку.

Потрібно отримати два набори відліків показів. Для першого набору нівелір установлюють приблизно на однаковій відстані між точками нівелювання А і В ( $\Delta/2 = 30$  м). Така конфігурація мінімізує вплив рефракції та зсуву колімаційної осі (див. рисунок 1). Кожний набір має складатися з десяти вимірювань, кожне з яких полягає в одному зчитуванні наступного відліку  $x_{A,j}$  від нівелірної рейки А та одному зчитуванні попереднього відліку  $x_{B,j}$  від нівелірної рейки В ( $j = 1, \dots, 10$ ). Між зчитуванням кожної пари відліків прилад піднімають і розміщують трохи в іншому положенні. Після п'яти вимірювань ( $x_{A,1}, x_{B,1}, \dots, x_{A,5}, x_{B,5}$ ) попередні та наступні відліки міняють місцями для інших п'яти вимірювань ( $x_{B,6}, x_{A,6}, \dots, x_{B,10}, x_{A,10}$ ).

Для другого набору відліків показів нівелір установлюють приблизно на  $\Delta/6 = 10$  м від точки А і на  $5\Delta/6 = 50$  м від точки В (див. рисунок 2). Потім виконують інші десять вимірювань ( $x_{A, 11}, x_{B, 11}, \dots, x_{A, 15}, x_{B, 15}; x_{A, 16}, x_{B, 16}, \dots, x_{A, 20}, x_{B, 20}$ ) способом, який визначено для першого набору вимірювань ( $j = 11, \dots, 20$ ).

Розміри в метрах

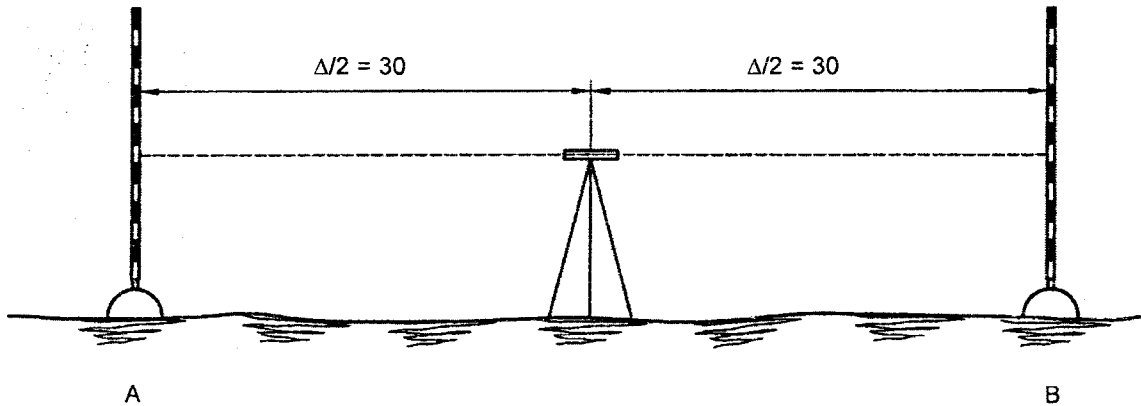


Рисунок 1 — Перша конфігурація випробувальної лінії для спрощеної методики випробування

Розміри в метрах

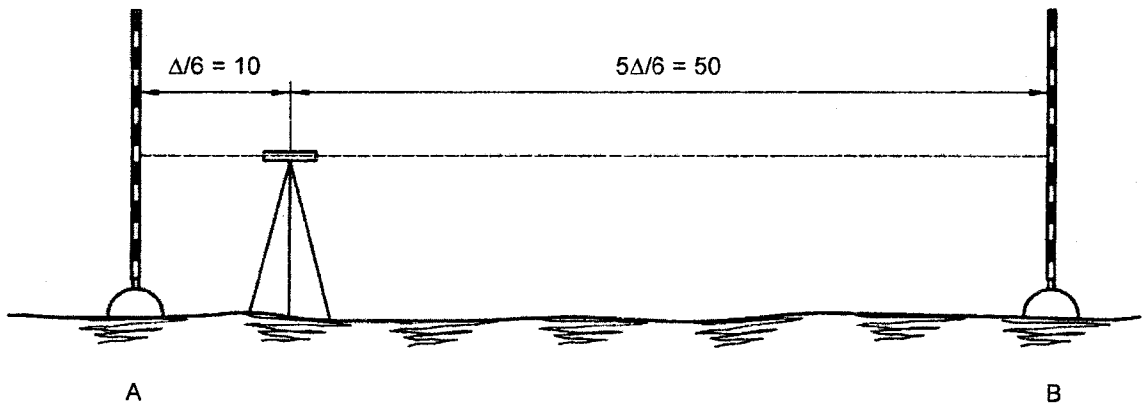


Рисунок 2 — Друга конфігурація випробувальної лінії для спрощеної методики випробування

### 5.3 Обчислення

$$d_j = x_{A, j} - x_{B, j}; j = 1, \dots, 20, \quad (1)$$

де  $d_j$  — різниця між зчитуваннями наступного відліку  $x_{A, j}$  і попереднього відліку  $x_{B, j}$ .

$$\bar{d}_1 = \frac{\sum_{j=1}^{10} d_j}{10}, \quad (2)$$

де  $\bar{d}_1$  — середнє арифметичне значення різниць висот  $d_j$  з першого набору вимірювань.

Значення  $\bar{d}_1$  вважають таким, що відображає дійсну різницю висот між точками нівелювання А і В.

$$r_j = \bar{d}_1 - d_j; j = 1, \dots, 10, \quad (3)$$

де  $r_j$  — розходження відповідно виміряних різниць висот  $d_j$  з першого набору вимірювань між двома точками нівелювання А і В.



Арифметична перевірка: сума розходжень першого набору має дорівнювати нулю (за винятком похибки округлення):

$$\sum_{j=1}^{10} r_j = 0, \quad (4)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} r_j^2}{v}}, \quad (5)$$

де  $\sum_{j=1}^{10} r_j^2$  — сума квадратів розходжень  $r_j$  першого набору;  
 $v = 10 - 1 = 9$  — відповідна кількість ступенів свободи;  
 $s$  — експериментальний середньоквадратичний відхил різниць висот  $d_j$ , отриманих з вимірювань першого набору.

$$\bar{d}_2 = \frac{\sum_{j=11}^{20} d_j}{10}, \quad (6)$$

де  $\bar{d}_2$  — середнє арифметичне значення різниць висот  $d_j$  із другого набору вимірювань.

Різниця  $\bar{d}_1 - \bar{d}_2$  має перебувати в межах дозволеного відхилення  $\pm p$  (згідно з ISO 4463-1) для поставленого завдання вимірювання. Якщо  $p$  не встановлено, то різниця має становити

$$|\bar{d}_1 - \bar{d}_2| < 2,5 \cdot s,$$

де  $s$  — експериментальний середньоквадратичний відхил, обчислений за формулою (5).

Якщо різниця  $|\bar{d}_1 - \bar{d}_2|$  занадто велика, це вказує на надмірну невизначеність вимірювання на довгій відстані (50 м) у результаті похибки зчитування, рефракції та зсуву колімаційної осі.

У цьому випадку потрібно:

- перевірити колімаційну похибку відповідно до настанови користувача;
- зменшити максимальну відстань.

## 6 ДЕТАЛЬНА МЕТОДИКА ВИПРОБУВАННЯ

### 6.1 Конфігурація випробувальної лінії

Щоб звести до мінімуму вплив рефракції, треба вибрати горизонтальну площу випробування. Ґрунт має бути щільним, а поверхня однорідною. Варто уникати доріг з асфальтовим або бетонним покриттям. В умовах прямого сонячного світла прилад потрібно затінити, наприклад за допомогою парасоля.

Дві точки нівелювання, А і В, встановлюють приблизно на відстані  $\Delta = 60$  м. Для забезпечення вірогідних результатів нівелірні рейки встановлюють у стійке положення, надійно фіксуючи під час випробувань, зокрема під час повторних випробувань.

Нівелір встановлюють приблизно на однакові відстані між точками нівелювання А і В ( $\Delta/2 = 30 \text{ м} \pm 3 \text{ м}$ ) для зменшення впливу рефракції та зсуву колімаційної осі (див. рисунок 3).

### 6.2 Вимірювання

Перед початком вимірювання дають змогу приладу акліматизуватися до температурних умов. Необхідний час становить дві хвилини на градус Цельсія температурної різниці. Додатково перед випробуванням користувач повинен перевірити колімаційну похибку.

Потрібно отримати два набори відліків показів. Перший набір має складатися із двадцяти пар відліків для кожного вимірювання, кожне з яких полягає в одному зчитуванні наступного відліку  $x_{A,j}$  від нівелірної рейки А та одному зчитуванні попереднього відліку  $x_{B,j}$  від нівелірної рейки В ( $j = 1, \dots, 20$ ). Між зчитуванням кожної пари відліків прилад піднімають і розміщують трохи в іншому положенні. Після десяти вимірювань ( $x_{A,1}, x_{B,1}, \dots, x_{A,10}, x_{B,10}$ ) попередні та наступні відліки міняють місцями для інших десяти вимірювань ( $x_{B,11}, x_{A,11}, \dots, x_{B,20}, x_{A,20}$ ).

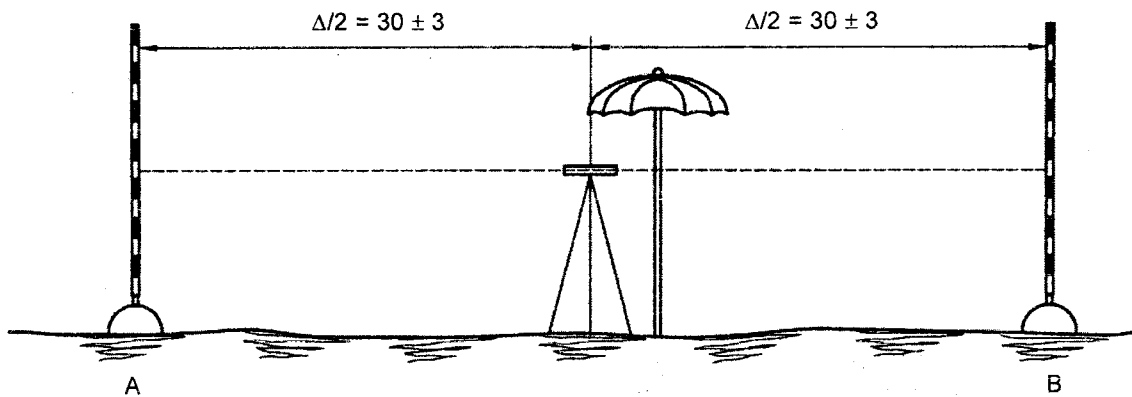


Рисунок 3 — Конфігурація випробувальної лінії  
для детальної методики випробування

Потім дві нівелірні рейки в точках А і В міняють місцями і методику повторюють для інших двадцяти вимірювань ( $x_{A, 21}, x_{B, 21}, \dots, x_{A, 30}, x_{B, 30}; x_{B, 31}, x_{A, 31}, \dots, x_{B, 40}, x_{A, 40}$ ) таким самим способом, який визначено для першого набору вимірювань.

### 6.3 Обчислення

$$d_j = x_{A, j} - x_{B, j}; j = 1, \dots, 40, \quad (7)$$

де  $d_j$  — різниця між зчитуваннями наступного відліку  $x_{A, j}$  і попереднього відліку  $x_{B, j}$ .

$$\bar{d}_1 = \frac{\sum_{j=1}^{20} d_j}{20}, \quad (8)$$

де  $\bar{d}_1$  — середнє арифметичне значення різниць висот  $d_j$  з першого набору вимірювань.

$$\bar{d}_2 = \frac{\sum_{j=21}^{40} d_j}{20}, \quad (9)$$

де  $\bar{d}_2$  — середнє арифметичне значення різниць висот  $d_j$  із другого набору вимірювань.

Різниця

$$\delta = \bar{d}_1 - \bar{d}_2 \quad (10)$$

не впливає на експериментальний середньоквадратичний відхил, але вказує на різницю зсувів нульових точок двох нівелірних рейок. Відповідні пояснення наведено в 6.4.4.

Розходження обчислюють у такий спосіб:

$$r_j = \bar{d}_1 - d_j; j = 1, \dots, 20, \quad (11)$$

$$r_j = \bar{d}_2 - d_j; j = 21, \dots, 40, \quad (12)$$

де  $r_j$  — розходження відповідно виміряних різниць висот  $d_j$  між двома точками нівелювання А і В.

Арифметична перевірка: сума розходжень першого і другого набору має дорівнювати нулю (за винятком похибки округлення):

$$\sum_{j=1}^{20} r_j = 0, \quad (13)$$

$$\sum_{j=21}^{40} r_j = 0, \quad (14)$$

$$\sum_{j=1}^{40} r_j^2 = \sum_{j=1}^{20} r_j^2 + \sum_{j=21}^{40} r_j^2, \quad (15)$$

де  $\sum_{j=1}^{40} r_j^2$  — сума квадратів усіх розходжень  $r_j$ .

$$v = 2 \cdot (20 - 1) = 38, \quad (16)$$

де  $v$  — кількість ступенів свободи.

Експериментальний середньоквадратичний відхил  $s$  дійсний для різниці висоти на відстані 60 м:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{40} r_j^2}{v}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{40} r_j^2}{38}}, \quad (17)$$

$$s_{\text{ISO-LEV}} = \frac{s}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{\frac{1000 \text{ м}}{60 \text{ м}}} = s \cdot 2,89, \quad (18)$$

де  $s_{\text{ISO-LEV}}$  — експериментальний середньоквадратичний відхил для 1 км нівелювання подвійного ходу.

## 6.4 Статистичні випробування

### 6.4.1 Загальні положення

Статистичні випробування рекомендовано тільки для детальної методики випробування.

Для інтерпретації результатів статистичні випробування потрібно виконувати, використовуючи:

— експериментальний середньоквадратичний відхил  $s$  різниці висоти, яку вимірюють на випробувальній лінії, і

— різницю  $\delta$  зсувів нульових точок двох нівелірних рейок і їхній експериментальний середньоквадратичний відхил  $s_\delta$ ,

щоб відповісти на такі запитання (див. таблицю 1):

а) Обчислений середньоквадратичний відхил  $s$  є меншим, ніж відповідне зазначене  $\sigma$ , яке установив виробник, чи меншим, ніж інше попередньо установлене значення  $\sigma$ ?

б) Чи належать тій самій сукупності два середньоквадратичні відхили  $s$  і  $\bar{s}$ , визначені з двох різних вибірок вимірювань, якщо припустити, що обидві вибірки мають однакову кількість ступенів свободи  $v$ ?

Експериментальні середньоквадратичні відхили  $s$  і  $\bar{s}$  може бути отримано:

— із двох вибірок вимірювання тим самим приладом, але різними спостерігачами;

— із двох вибірок вимірювання тим самим приладом у різний час;

— із двох вибірок вимірювання різними приладами.

в) Чи дорівнює нулю різниця  $\delta$  зсувів нульових точок двох нівелірних рейок?

Для наведених нижче випробувань довірчий рівень становить  $1 - \alpha = 0,95$  і, відповідно до проекту вимірювань, кількість ступенів свободи  $v = 38$ .

Таблиця 1 — Статистичні випробування

Питання	Основна гіпотеза	Альтернативна гіпотеза
а)	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
б)	$\sigma = \bar{\sigma}$	$\sigma \neq \bar{\sigma}$
в)	$\delta = 0$	$\delta \neq 0$

### 6.4.2 Питання а)

Основну гіпотезу, яка полягає в тому, що експериментальний середньоквадратичний відхил  $s$  менше або дорівнює теоретичному або попередньо установленому значенню  $\sigma$ , не відкидають, якщо виконано таку умову:

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2(v)}{v}} \quad (19)$$

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi_{0,95}^2(38)}{38}} \quad (20)$$

$$\chi_{0,95}^2(38) = 53,38 \quad (21)$$

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{53,38}{38}} \quad (22)$$

$$s \leq \sigma \cdot 1,19. \quad (23)$$

Інакше основну гіпотезу відкидають.

#### 6.4.3 Питання b)

У разі двох різних вибірок випробування показує, чи належать експериментальні середньо-квадратичні відхили  $s$  і  $\bar{s}$  тій самій сукупності. Відповідну основну гіпотезу  $\sigma = \bar{\sigma}$  не відкидають, якщо виконано таку умову:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v, v)} \leq \frac{s^2}{\bar{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(v, v) \quad (24)$$

$$\frac{1}{F_{0,975}(38, 38)} \leq \frac{s^2}{\bar{s}^2} \leq F_{0,975}(38, 38) \quad (25)$$

$$F_{0,975}(38, 38) = 1,91 \quad (26)$$

$$0,52 \leq \frac{s^2}{\bar{s}^2} \leq 1,91. \quad (27)$$

Інакше основну гіпотезу відкидають.

#### 6.4.4 Питання c)

Гіпотезу про рівність середніх значень  $\bar{d}_1$  і  $\bar{d}_2$  (основну гіпотезу для  $\delta$ ) не відкидають, якщо виконано таку умову:

$$|\delta| \leq s_\delta \cdot t_{1-\alpha/2}(v) \quad (28)$$

$$|\delta| \leq s_\delta \cdot t_{0,975}(38) \quad (29)$$

$$s_\sigma = \frac{s}{\sqrt{10}} \quad (30)$$

$$t_{0,975}(38) = 2,02 \quad (31)$$

$$|\delta| \leq \frac{s}{\sqrt{10}} \cdot 2,02 \quad (32)$$

$$\leq s \cdot 0,64.$$

Інакше основну гіпотезу відкидають.

Кількість ступенів свободи і, отже, відповідні випробувальні значення  $\chi_{1-\alpha/2}^2(v)$ ,  $F_{1-\alpha/2}(v, v)$  і  $t_{1-\alpha/2}(v)$  (які беруть зі статистичних довідників) змінюються, якщо аналізують різну кількість вимірювань.

ДОДАТОК А  
(довідковий)

**ПРИКЛАД СПРОЩЕНОЇ МЕТОДИКИ ВИПРОБУВАННЯ**

**А.1 Вимірювання**

Таблиця А.1 містить у колонках 1—3 і 7—9 двадцять попередніх і наступних відліків (виміряні значення  $x_{A,j}$  і  $x_{B,j}$ ).

Спостерігач: С. Міллер  
 Погода: хмарно, + 10 °С  
 Тип і номер приладу: NN xxx 630401  
 Дата: 15.04.1999

Таблиця А.1 — Виміряні значення та різниці

$j$	$x_{A,j}$ ММ	$x_{B,j}$ ММ	$d_j$ ММ	$r_j$ ММ	$r_j^2$ ММ <sup>2</sup>	$j$	$x_{A,j}$ ММ	$x_{B,j}$ ММ	$d_j$ ММ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1048	1232	- 184	0,6	0,36	11	1115	1300	- 185
2	1017	1200	- 183	- 0,4	0,16	12	1123	1307	- 184
3	1061	1245	- 184	0,6	0,36	13	1145	1328	- 183
4	1048	1231	- 183	- 0,4	0,16	14	1167	1351	- 184
5	1012	1195	- 184	- 0,4	0,16	15	1155	1341	- 186
6	1051	1235	- 184	0,6	0,36	16	1137	1322	- 185
7	1054	1238	- 184	0,6	0,36	17	1119	1304	- 185
8	1038	1221	- 183	- 0,4	0,16	18	1127	1312	- 185
9	1036	1219	- 183	- 0,4	0,16	19	1140	1324	- 184
10	1052	1235	- 183	- 0,4	0,16	20	1144	1328	- 184
$\Sigma$	10417	12251	- 1834	0,0	2,40	$\Sigma$	11372	13217	- 1845

**А.2 Обчислення**

Спочатку виміряні різниці висот  $d_1, \dots, d_{20}$  обчислюють за формулою (1) (див. колонки 4 і 10 таблиці А.1).

Застосовуючи середні значення сум із колонок 4 і 10 таблиці А.1 та формули (2) і (6), одержують такі значення:

$$\bar{d}_1 = \frac{\sum_{j=1}^{10} d_j}{10} = \frac{-1834 \text{ ММ}}{10} = -183,4 \text{ ММ},$$

$$\bar{d}_2 = \frac{\sum_{j=11}^{20} d_j}{10} = \frac{-1845 \text{ ММ}}{10} = -184,5 \text{ ММ}.$$

Різниця дорівнює:

$$\bar{d}_1 - \bar{d}_2 = 1,1 \text{ ММ}.$$

Розходження  $r_j$  різниці висот  $d_j$  з першого набору вимірювань обчислюють за формулою (3) (див. колонку 5 таблиці А.1).

Підсумовуючи квадрати розходжень першого набору (див. останній рядок колонки 6 таблиці А.1), експериментальний середньоквадратичний відхил  $s$  обчислюють за формулою (5):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} r_j^2}{v}} = \sqrt{\frac{2,40}{9}} = 0,5 \text{ ММ}.$$

Виконують такі арифметичні перевірки:

— різниця сум значень колонок 2 і 3 має дорівнювати сумі значень колонки 4:

$$- 12251 + 10417 = - 1834;$$

— різниця сум значень колонок 8 і 9 має дорівнювати сумі значень колонки 10:

$$- 13217 + 11372 = - 1845;$$

— сума різниць значень колонки 5 має дорівнювати нулю (за винятком похибки округлення).

Різниця  $\bar{d}_1 - \bar{d}_2 = - 1,1$  мм менше ніж  $2,5 \cdot s = 2,5 \cdot 0,5 = 1,25$  мм. Цей результат показує, що не виявлено надмірної невизначеності вимірювання, похибок зчитування, рефракції та зсуву колімаційної осі.

ДОДАТОК В  
(довідковий)

**ПРИКЛАД ДЕТАЛЬНОЇ МЕТОДИКИ ВИПРОБУВАННЯ**

**В.1 Вимірювання**

Таблиця В.1 містить у колонках 1—3 і 7—9 сорок попередніх і наступних відліків (виміряні значення  $x_{A,j}$  і  $x_{B,j}$ ).

Спостерігач:

С. Міллер

Погода:

хмарно, + 10 °С

Тип і номер приладу:

NN xxx 630401

Дата:

15.04.1999

Таблиця В.1 — Виміряні значення та різниці

$j$	$x_{A,j}$ ММ	$x_{B,j}$ ММ	$d_j$ ММ	$r_j$ ММ	$r_j^2$ ММ <sup>2</sup>	$j$	$x_{A,j}$ ММ	$x_{B,j}$ ММ	$d_j$ ММ	$r_j$ ММ	$r_j^2$ ММ <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1048	1232	- 184	0,7	0,49	21	1005	1188	- 183	- 0,1	0,01
2	1017	1200	- 183	- 0,3	0,09	22	1013	1196	- 183	- 0,1	0,01
3	1061	1245	- 184	0,7	0,49	23	1035	1218	- 183	- 0,1	0,01
4	1048	1231	- 183	- 0,3	0,09	24	1057	1241	- 184	0,9	0,81
5	1012	1195	- 183	- 0,3	0,09	25	1045	1228	- 183	- 0,1	0,01
6	1051	1235	- 184	0,7	0,49	26	1027	1211	- 184	0,9	0,81
7	1054	1238	- 184	0,7	0,49	27	1009	1192	- 183	- 0,1	0,01
8	1038	1221	- 183	- 0,3	0,09	28	1017	1199	- 182	- 1,1	1,21
9	1036	1219	- 183	- 0,3	0,09	29	1030	1213	- 183	- 0,1	0,01
10	1052	1235	- 183	- 0,3	0,09	30	1034	1216	- 182	- 1,1	1,21
11	1031	1214	- 183	- 0,3	0,09	31	1043	1226	- 183	- 0,1	0,01
12	1028	1212	- 184	0,7	0,49	32	1037	1220	- 183	- 0,1	0,01
13	1039	1222	- 183	- 0,3	0,09	33	1025	1208	- 183	- 0,1	0,01
14	1040	1223	- 183	- 0,3	0,09	34	1050	1232	- 182	- 1,1	1,21
15	1031	1213	- 182	- 1,3	1,69	35	1039	1222	- 183	- 0,1	0,01
16	1050	1233	- 183	- 0,3	0,09	36	1024	1207	- 183	- 0,1	0,01

Кінець таблиці В.1

$j$	$x_{A,j}$ ММ	$x_{B,j}$ ММ	$d_j$ ММ	$r_j$ ММ	$r_j^2$ ММ <sup>2</sup>	$j$	$x_{A,j}$ ММ	$x_{B,j}$ ММ	$d_j$ ММ	$r_j$ ММ	$r_j^2$ ММ <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
17	1056	1239	- 183	- 0,3	0,09	37	1030	1214	- 184	0,9	0,81
18	1028	1212	- 184	0,7	0,49	38	1041	1225	- 184	0,9	0,81
19	1034	1218	- 184	0,7	0,49	39	1012	1196	- 184	0,9	0,81
20	1049	1232	- 183	- 0,3	0,09	40	1019	1202	- 183	- 0,1	0,01
$\Sigma$	20803	24469	- 3666	0,0	6,20	$\Sigma$	20592	24254	- 3662	0,0	7,80

### В.2 Обчислення

Спочатку виміряні різниці висот  $d_1, \dots, d_{40}$  обчислюють за формулою (7) (див. колонки 4 і 10 таблиці В.1).

Застосовуючи середні значення сум із колонок 4 і 10 таблиці В.1 та формули (8) і (9), одержують такі значення:

$$\bar{d}_1 = \frac{\sum_{j=1}^{20} d_j}{20} = \frac{-3666 \text{ ММ}}{20} = -183,3 \text{ ММ},$$

$$\bar{d}_2 = \frac{\sum_{j=21}^{40} d_j}{20} = \frac{-3662 \text{ ММ}}{20} = -183,1 \text{ ММ}.$$

$\delta$  обчислюють за формулою (10):

$$\delta = \bar{d}_1 - \bar{d}_2 = -183,3 \text{ ММ} + 183,1 \text{ ММ} = -0,2 \text{ ММ}.$$

Розходження  $r_j$  різниці висот  $d_j$  обчислюють за формулами (11) і (12) (див. колонки 5 і 11 таблиці В.1).

Підсумовуючи квадрати розходжень першого і другого наборів (див. останні рядки колонок 6 і 12 таблиці В.1), суму квадратів розходжень  $r_j$  та експериментальний середньоквадратичний відхил  $s$  для 1 км нівелювання подвійного ходу обчислюють за формулами (15) — (18):

$$\sum_{j=1}^{40} r_j^2 = 6,20 \text{ ММ}^2 + 7,80 \text{ ММ}^2 = 14,00 \text{ ММ}^2$$

$$v = 38$$

$$s = \sqrt{\frac{14,00 \text{ ММ}^2}{38}} = 0,61 \text{ ММ} \approx 0,6 \text{ ММ}$$

$$s_{\text{ISO-LEV}} = s \cdot 2,89 = 0,61 \text{ ММ} \cdot 2,89 = 1,76 \approx 1,8 \text{ ММ}.$$

Виконують такі арифметичні перевірки:

— різниця сум значень колонок 2 і 3 має дорівнювати сумі значень колонки 4:

$$24469 - 20803 = 3666;$$

— різниця сум значень колонок 8 і 9 має дорівнювати сумі значень колонки 10:

$$24254 - 20592 = 3662;$$

— сума різниць значень колонки 5 має дорівнювати нулю (за винятком похибки округлення);

— сума різниць значень колонки 11 має дорівнювати нулю (за винятком похибки округлення).

### **V.3 Статистичні випробування**

#### **V.3.1 Статистичні випробування відповідно до питання а)**

$$\sigma = 1,0 \text{ мм}$$

$$s_{\text{ISO-LEV}} = 1,8 \text{ мм}$$

$$v = 38$$

$$1,8 \text{ мм} \leq 1,0 \text{ мм} \cdot 1,19$$

$$1,8 \text{ мм} \leq 1,2 \text{ мм.}$$

Оскільки наведену вище умову не виконано, основну гіпотезу, яка полягає в тому, що експериментальний середньоквадратичний відхил  $s = 1,8$  мм менше або дорівнює значенню виробника  $\sigma = 1,0$  мм, відкидають з довірчою ймовірністю 95 %.

#### **V.3.2 Статистичні випробування відповідно до питання б)**

$$s = 1,8 \text{ мм}$$

$$\tilde{s} = 2,6 \text{ мм}$$

$$v = 38$$

$$0,52 \leq \frac{3,24 \text{ мм}^2}{6,76 \text{ мм}^2} \leq 1,91$$

$$0,52 \leq 0,48 \leq 1,91.$$

Оскільки наведену вище умову не виконано, основну гіпотезу, яка полягає в тому, що експериментальні середньоквадратичні відхили  $s = 1,8$  мм і  $\tilde{s} = 2,6$  мм належать тій самій сукупності, відкидають з довірчою ймовірністю 95 %.

#### **V.3.3 Статистичні випробування відповідно до питання с)**

$$s = 0,6 \text{ мм}$$

$$v = 38$$

$$\sigma = 0,2 \text{ мм}$$

$$s_{\sigma} = 0,2 \text{ мм}$$

$$0,2 \text{ мм} \leq 0,2 \text{ мм} \cdot 2,0$$

$$0,2 \text{ мм} \leq 0,4 \text{ мм.}$$

Оскільки наведену вище умову виконано, основну гіпотезу, яка полягає в тому, що зсув нульової точки нівелірних рейок дорівнює нулю, не відкидають з довірчою ймовірністю 95 %.